

Electrical Machines

Chapter (1) ----- D.C. Generators

فكرة العمل :-

تقوم فكرة عمل المولد الكهربائي تطبيقاً لقانون فاراداي للحث المغناطيسي فإذا كان هناك موصل في مجال مغناطيسي وتحرك الموصل بالنسبة للمجال أو تحرك المجال بالنسبة للموصل تنشأ على أطراف الموصل قوة دافعة كهربية تعتمد على قيمة المجال وسرعة الموصل وطول الموصل.

$$E_{(e.m.f)} = B \times l \times v$$

$B \rightarrow$ Flux density (Tesla)

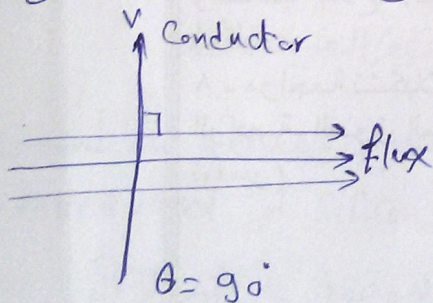
$l \rightarrow$ active length of Conductor (m)

$v \rightarrow$ Relative velocity (m/sec)

ولكن هذا القانون له صيغة أخرى وهي

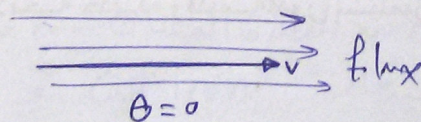
$$E_{(emf)} = B \times l \times v \sin \theta$$

حيث تكون الزاوية θ هي الزاوية المحصورة بين خطوط الفيض المغناطيسي و سطح الموصل الذي يدور وفي هذا القانون ننتج أنه emf تتغير قيمته مع دوران الموصل كالآتي:



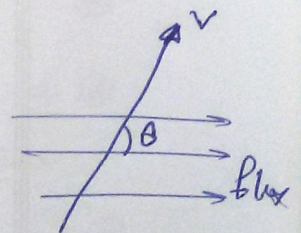
$$\therefore E = Blv$$

وتكون E_{emf} قيمة عظمى



$$\therefore E = 0$$

وتكون عندها E_{emf} صفر =

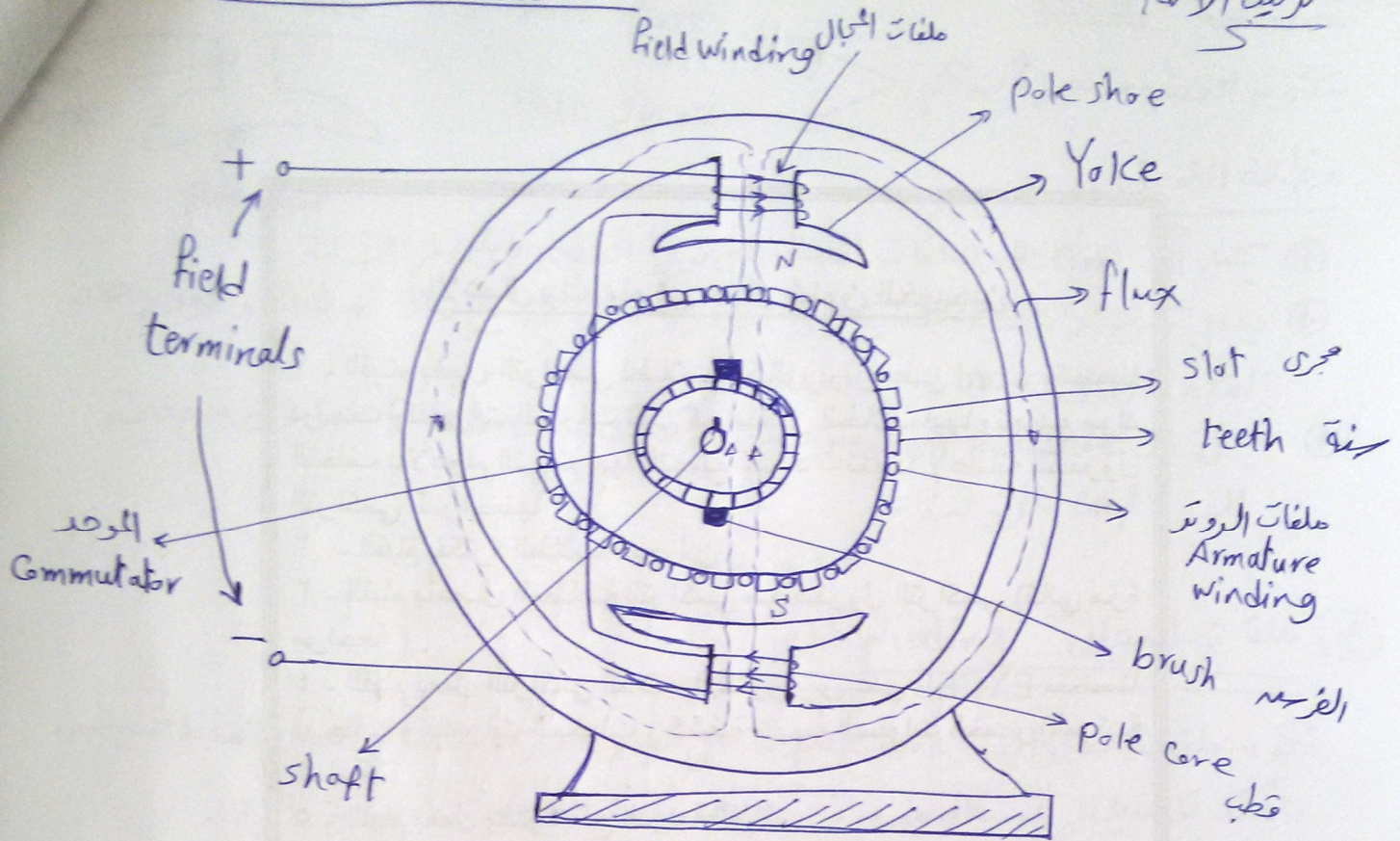


$$E \propto v \sin \theta$$

وتكون E لها قيمة تتناسب مع قيمة الزاوية.

struction of D.C. Machine

تركيب الآلة



① الجزء الثابت (stator)

ويكون على:-

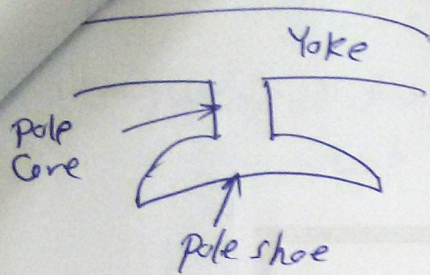
① Yoke (P) هو الغطاء الرئيس للآلة ويحصر الآلة والموصلات داخله من الرطوبة والغبار وأي غازات ضارة.

② يحمل الأقطاب الخاصة بملفات المجال التي توفر الفيض للآلة.

③ يعتبر جزء من الدائرة المغناطيسية ويوفر مسار ذو ممانعة مقناطيسية صغيرة ويصنع من حادة Cast iron أو Silicon steel أو rolled steel.

④ يوفر للآلة مجال البريد من طريق الزعانف الموجودة على ظهر الآلة.

٤) الأقطاب: Poles



Pole Core

Pole shoe

يكون القطب من جزأين هما:
وظيفة الأقطاب:-

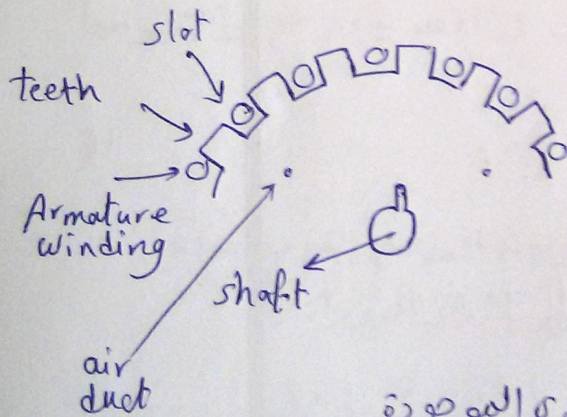
- ① يحمل ال Pole Core ملفات المجال التي توفر الفيض العنيسي من الآلة.
- ② يعمل كممر للفيض الناتج إلى الثغرة الهوائية بين ال Stator والروتور.
- ③ القطب الثاني.
- ④ يعمل ال Pole shoe على توفير مساحة أكبر تحت ال Pole Core مما يزيد من قيمة ال emf المولدة.

٥) ملفات المجال: Field Winding

تكون ملفوفة حول ال Pole Core وتحمل التيار اللازم لإنتاج الفيض المغناطيسي وتأخذ توصيلاتها أشكال متعددة على حسب نوع التوصيل كما سيتم ذكره.

٦) الجزء المتحرك (Armature) أو (Rotor)

ويكونه من:-



① Armature Core:

عبارة عن شكل إسطواني مصنوع من الحديد ويحتوي على المبادي وفتحات التهوية منه أجل تبريد الآلة.

وظيفة:-

① يوفر أماكن لوضع ملفات الروتور من المبادي الموجودة

على محيطه.

② يوفر مسار ذو معاوقة مقناطيسية صغيرة للمجال المغناطيسي القادم من الأقطاب.

③ ملفات الـ Armature - ١

توضع في أماكنها المصدرة لها من الروتور المحرك (rotor) وهي التي تقطعها المجال المغناطيسي القادم من الأقطاب وتولد على أطرافها الـ emf .

* في حالة المولدات - (Generator)

تولد الـ emf على أطراف ملفات الـ Armature .

* في حالة المحركات - (Motor)

تدخل التيار القادم من المصدر الـ D.C. .

هي جهة التعامل مع العالم الخارجي
من حالة المولدات \rightarrow حالة المحركات
توصيلها بمصدر الكهرباء

③ الموحد Commutator

القوة الدافعة الكهربائية المتولدة داخل الـ Armature تكون متغيرة مع الزمن نتيجة تغير الدوران الخاص بموصلات الروتور مع الفيض لذا تكون $(emf \rightarrow AC)$ ولتحويلها إلى قيمة ثابتة (D.C) يتم استخدام الموحد وهو مصنوع من رقائق معدنية الخصاص معزولة عن بعضها البعض وموصلة مع الموصلات لذات هويته ور مع الآلة ومما يعطى عزيم من اتجاه واحد من الآلة .

④ الفرش الكربونية - Brushes

الفرش هي عبارة عن أجزاء ثابتة مصنوعة من الكربون الموصل وهي موضوعة على سطح الموحد لذات تلامس سطح الموحد أثناء الدوران .

وظيفة - نقل التيار من الجزء المتحرك من الآلة إلى الدائرة الخارجية للآلة .

⑤ الرولمان البالي Bearings

تساعد الآلة على الدوران بشكل آسود و Smooth .

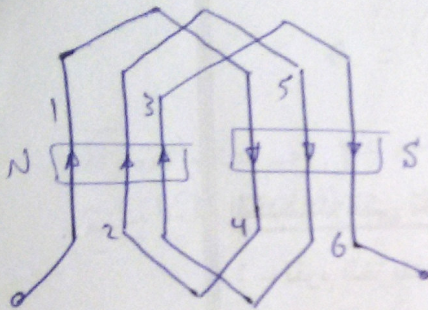
أنواع اللف في الـ Armature :-

هناك نوعين رئيسيين لللفهم

Lap winding

Wave winding

Lap winding



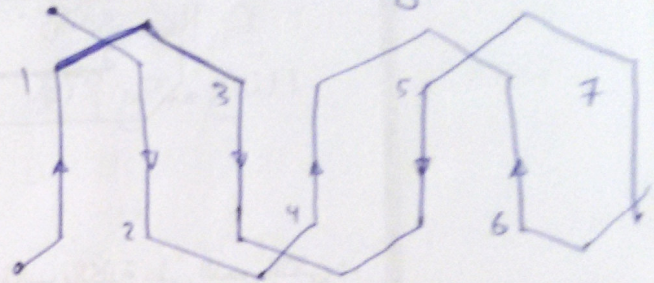
- عدد مسارات التوازي $A =$ عدد الأقطاب

- عدد الفرش المستخدمة = عدد الأقطاب

- يستخدم في حالة التيارات العالية و الجهود الصغيرة .

- يستخدم في المولدات التي لا تزيد أيارها عن 500A .

Wave winding



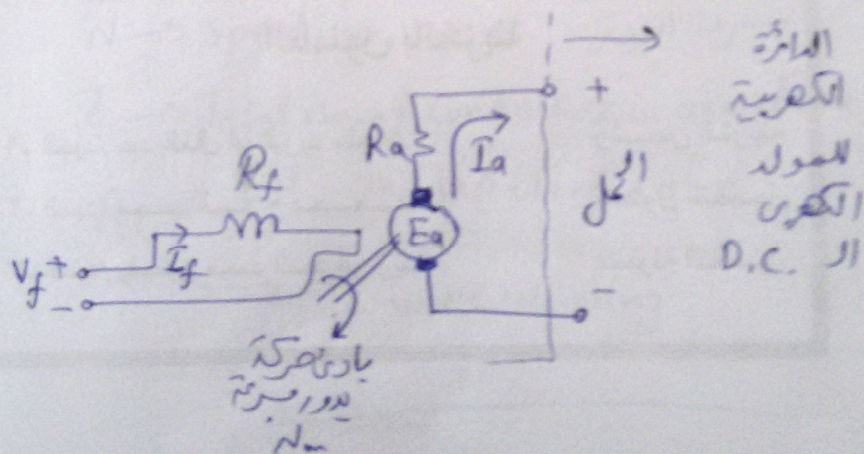
- عدد مسارات التوازي $A = 2$ دائماً

- عدد الفرش المستخدم $C =$ دائماً

- يستخدم في حالة الجهود العالية والتيارات الصغيرة .

- يستخدم في المولدات التي لا تزيد أيارها عن 500A .

تمثيل المائرة الكهربية لـ Gen :-



إستنتاج قانون القوة الدافعة الكهربائية المتولدة E, m, f

$$e = \frac{d\phi}{dt} \rightarrow \text{القوة الدافعة تتولد نتيجة تغير الفيض بالثانية للزمن (قانون فاراداي)}$$

$$e = \frac{\phi P}{\frac{60}{N}} \rightarrow \text{عمل الفيض الكلي الناتج من جميع الأقطاب}$$

عمل الزمن لفة واحدة ولكن
بالدلالة الميكانيكية

$$\therefore e = \frac{\phi P N}{60} \rightarrow \text{للفة واحدة}$$

ونكم الموصلات موجودة داخل الموتر عددها Z وموزعة على عدد A من التوازي

$$\therefore E_t = \frac{\phi P N Z}{60 A} \quad \text{وحدته Volt (V)}$$

where,

$\phi \rightarrow$ Flux by each pole (Wb) الوحدة قيمة المجال

$P \rightarrow$ no. of poles عدد الأقطاب

$N \rightarrow$ speed in r.p.m سرعة الموتر

$Z \rightarrow$ Total no. of conductors in armature عدد عواصم الموتر

$A \rightarrow = P$ in lap winding

$\rightarrow = 2$ in wave winding

نقسم المولدات إلى أنواع على حسب طريقة الإثارة (Excitation)

Separate Excitation

تكون دائرة الإثارة خارجية بمعنى أنه لمجال
المغناطيس يكون آتياً من دائرة منفصلة
عن المولد.

ويسمى المولد من هذا النوع

Separately Excited Gen.

Self Excitation

تكون دائرة الإثارة داخل دائرة
المولد وهذه الأنواع كالتالي:

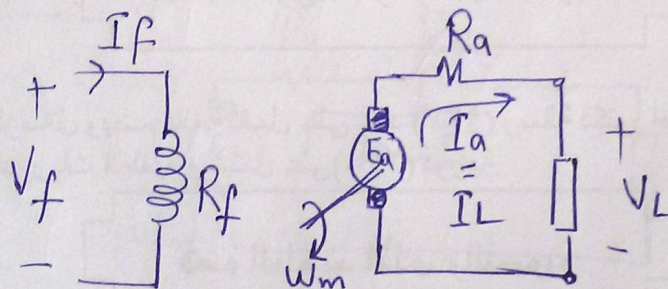
1- Shunt Gen.

2- Series Gen.

3- Compound Gen.

Longshunt shortshunt

① Separately Excited Gen.



المعادلة المكافئة :-

$$V_f = I_f R_f$$

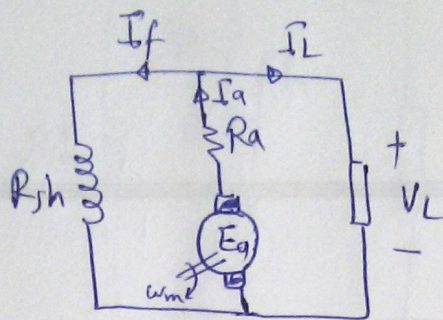
$$E_a = V_L + I_a R_a + V_{brush}$$

لأنه يترك موضع = جهد

$$I_a = I_L$$

تيار الروتر هو نفسه
تيار الحمل

Shunt Generator



المعادلة المكافئة:

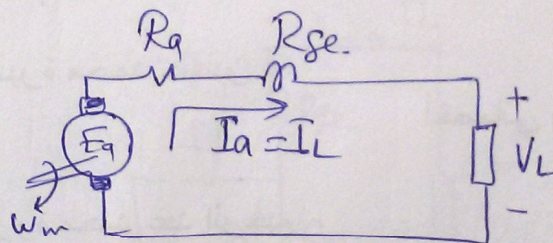
$$I_f = \frac{V_L}{R_{sh}}$$

$$E_a = V_L + I_a R_a + V_{brush}$$

$$I_a = I_L + I_f$$

$$I_L \times V_L = P_{out} \rightarrow \text{القدرة الخارجة}$$

③ Series Generator



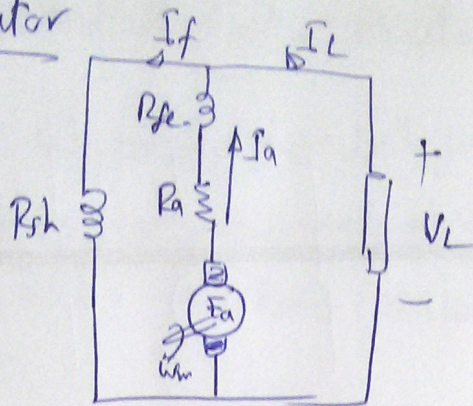
المعادلة المكافئة:

$$I_a = I_L = I_{se}$$

$$E_a = I_a R_a + I_a R_{se} + V_L + V_{brush}$$

$$\therefore E_a = V_L + I_a (R_a + R_{se}) + V_{brush}$$

Long shunt Generator



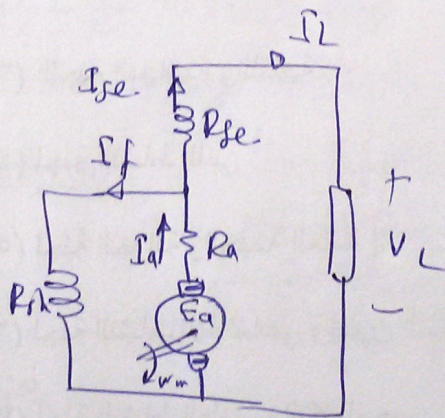
$$E_a = I_a(R_a + R_{se}) + V_L + V_{brush}$$

$$I_{se} = I_a$$

$$I_f = \frac{V_L}{R_{sh}} = \frac{E_a - I_a(R_a + R_{se}) - V_{brush}}{R_{sh}}$$

$$I_a = I_L + I_f$$

⑤ Short shunt Generator



$$I_a = I_L + I_f = I_{se} + I_f$$

$$E_a = I_a R_a + I_L R_{se} + V_L + V_{brush}$$

$$I_{se} = I_L$$

$$I_f = \frac{E_a - I_a R_a}{R_{sh}}$$

$$I_{se} = I_L$$

(١٢) كيف يتم excitation في الأنواع self excited ؟

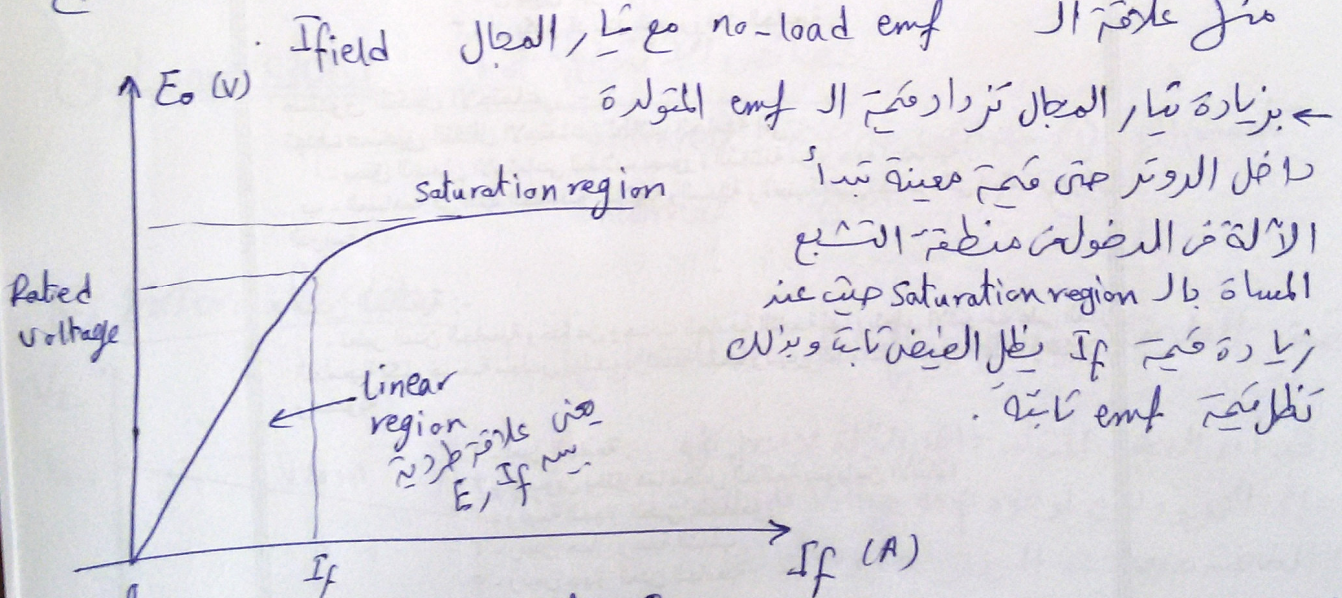
عند إزاحة الآلة سوف تعمل لأول مرة فيتم توصيل ملفات المجال التي صممت على أن تكون مصدر جهد D.C. لفترة زمنية معينة حتى يتوفر بداخلها ما يسمى بالمغناطيسية المتبقية (Residual magnetism) وهذه المغناطيسية الأساسية لبناء الجهد داخل الآلة.

← في حالة تشغيل الآلة يكون بداخلها مغناطيسية متبقية تساعدها على بناء الجهد بعد ذلك.

المميزات الخاصة بالمولد الـ D.C. Characteristics of D.C. Generators

① Magnetisation char's (open circuit char's)

هذه الخصائص تمثل الآلة عندما تكون في حالة الـ No-load وتستبين مني علاقة الـ No-load emf مع التيار، المجال



← بزيادة تيار المجال تزداد قيمة الـ emf المتولدة داخل الدوارة حتى تصبح معينة تبدأ الآلة في الدخول في منطقة التشبع المسماة بالـ Saturation region حيث عند زيادة قيمة I_f يظل الفيض ثابتاً وبذلك تظل قيمة emf ثابتة.

$$E = \frac{\phi P N Z}{60 A}$$

$$\therefore E \propto \phi \text{ with } \frac{P N Z}{60 A} \rightarrow \text{ثابتة}$$

$$\text{and } \phi \propto I_f \rightarrow \text{الفيض تابع منه}$$

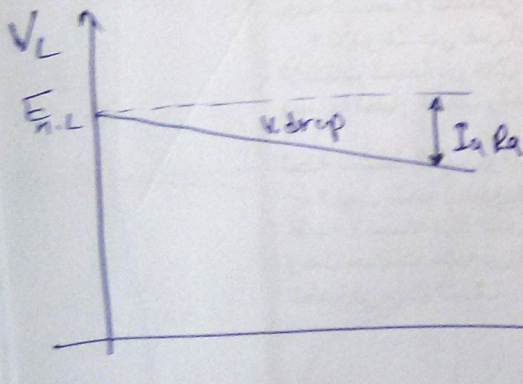
$$\therefore E \propto I_f$$

$$E \propto \frac{\Phi P N Z}{60 A} \quad \therefore E \propto I_f \text{ (N)}$$

A graph showing the relationship between the open-circuit voltage E_o (in Volts) on the vertical axis and the field current I_f (in Amperes) on the horizontal axis. Three curves are plotted, labeled N_1 , N_2 , and N_3 , representing different loads. The curves are upward-sloping and concave down, starting from the origin. The saturation voltage for each curve is indicated by a horizontal line: E_{o1} for N_1 , E_{o2} for N_2 , and E_{o3} for N_3 . The relationship $N_1 > N_2 > N_3$ is noted on the graph.

External $\frac{1}{2} \pi$ velocity (1) 101 p.m.
Internal $\frac{1}{2} \pi$ " (2)

وصف العلامة $\frac{1}{2}$ عند الحمل $\frac{1}{2}$ ونيار الحمل $\frac{1}{2}$

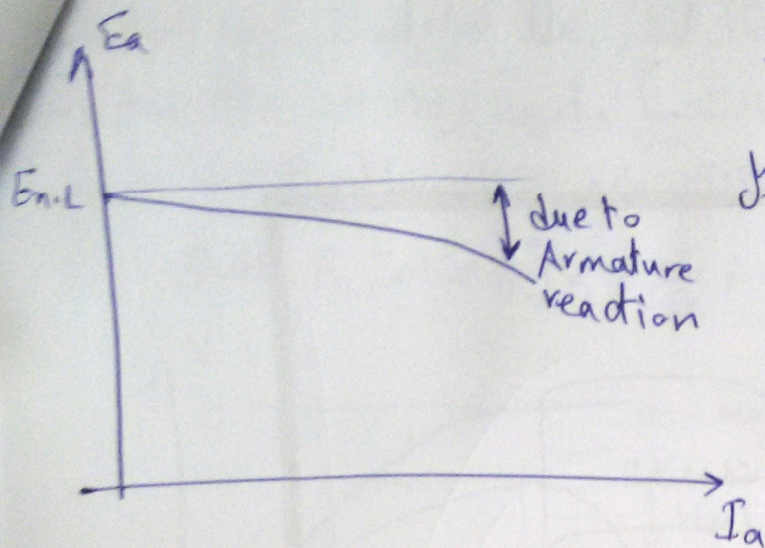


نجد أنه الجهد المتولد داخل الآلة لا يصل كله
إلى الحمل وذلك لوجود h و h على المقاومة
الخاصة بموصلات الموتور R_a ومع زيادة
المتحميل يزداد التيار المسحوب ويزداد
فقد الجهد مما يقلل الجهد على أطراف الآلة
العازل بالحمل.

For shunt Generator $\therefore E_g = I_a R_a + V_L$

$$\therefore \downarrow V_L = E_a - I_a \uparrow R_a \quad (11)$$

External char



وهو يصف العلاقة بين الجهد المتولد داخل الآلة والتيار الخارج من موصلات الروتر

نجد أنه التيار I_a عند ما يزداد مع التحميل فإنه قيمة الـ E_a المتولدة من الآلة تقل وذلك لزيادة قيمة ما يسمى

Armature reaction أو رد فعل

المنبعج.

Armature Reaction

(رد فعل المنبعج)

هو فضاء مغناطيسي يعاكس الفيض الأصلي الناتج من ملفات المجال نتيجة تولد E_{ind} من موصلات الـ Armature فيرلتيار فولد مجال مغناطيسي آخر يعاكس للمجال الأصلي طبقاً لقاعدة (لينز) لذا فهو يقلل الفيض الأصلي مما يقلل من E_a المتولدة داخل الآلة.

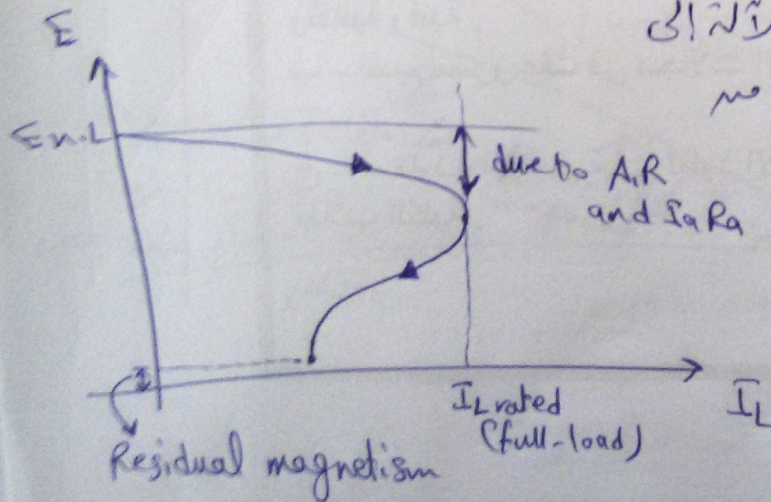
← لماذا يقلف المولد عند العمل عن زيادة التحميل عن التحميل المقنن؟

مرحلة المولد من النوع $shunt$ إذا زاد الحمل عن الحمل المقنن فإنه تيار الحمل يزداد نتيجة التحميل و معه يزداد الـ Arm. reaction نتيجة زيادة I_a

ولأن الـ Ar يقلل من E_a تنجع الآلة إلى

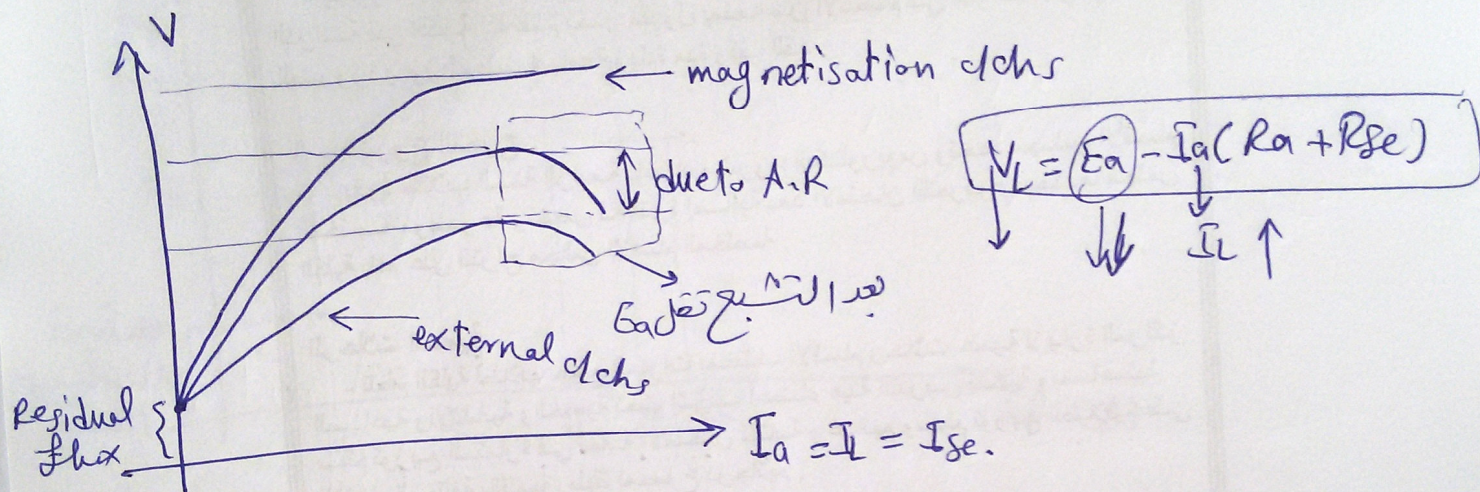
حالة عدم التشغيل كما هو موضح من

المنحنى.

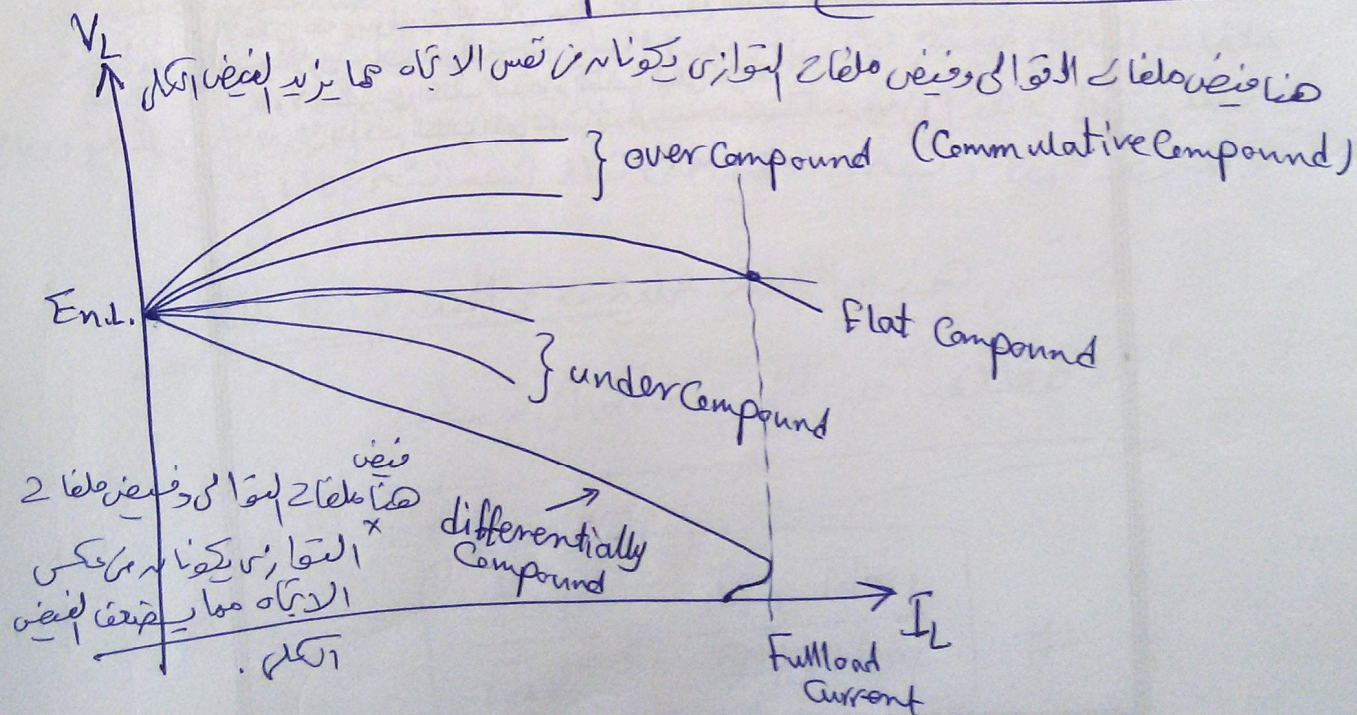


④ إذا فرضنا أن المتولدات من النوع α series

مع زيادة التحميل يزداد التيار I_L وبالتالي التيار I_{sc} لذا فإن arm المتحركة تزداد. زيادة التحميل لأنه الفيض يزداد مع التحميل وأيضاً يزداد ال $Arm. Rea$ ولكنه غير كبير بالمقارنة مع E_a حيث تدخل الآلة في مرحلة ال $saturation$ فإن الفيض يثبت وبالتالي E_a يثبت ولكنه ال $A.R$ يزداد مما يقلل من E_a لذلك



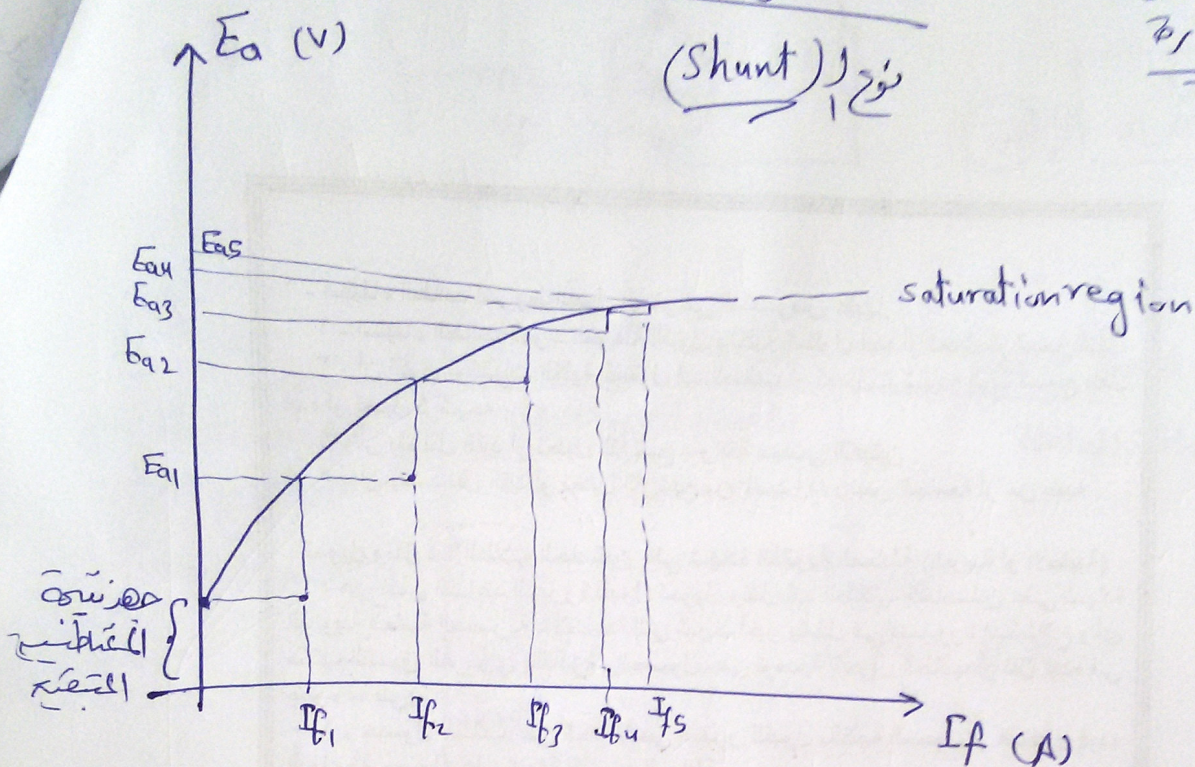
③ * Compound



age building in self excited generator

بناء الجهد في المولدات
الذاتية الإثارة

نوع (Shunt)



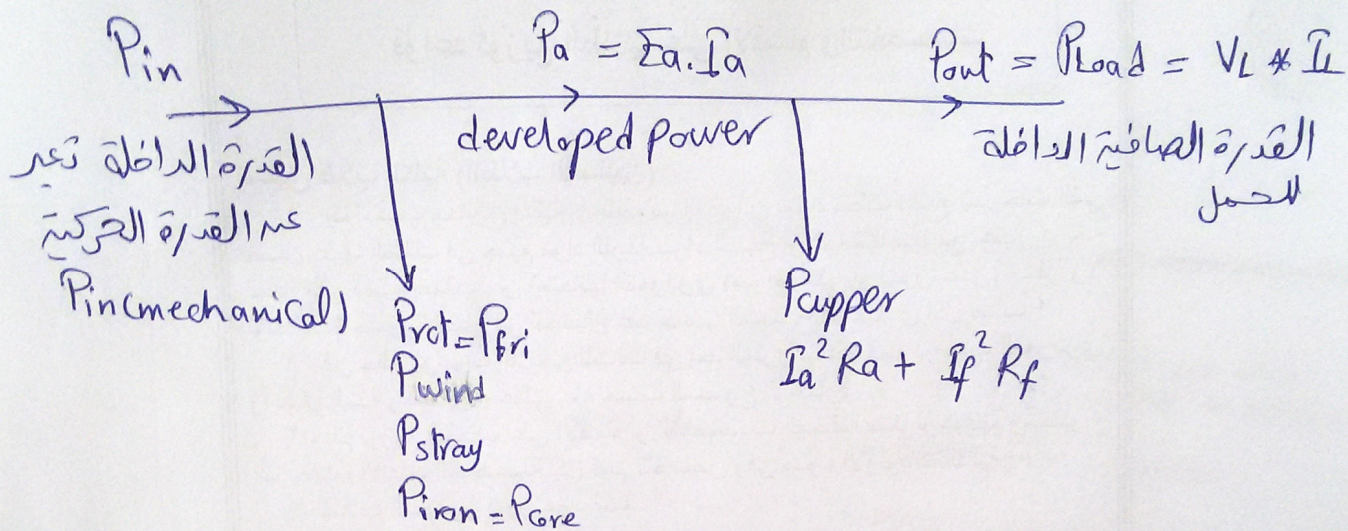
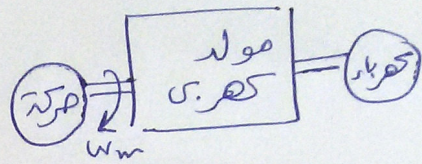
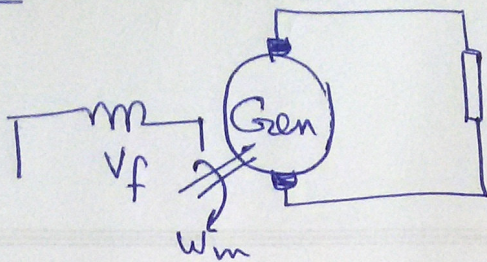
يكون هناك مقاطعتين متباعدتين داخل الآلة وعند توصيلها من الآلة يكون هناك جهد من ملفات المجال نتيجة المقاطعتين المتباعدتين، هذا الجهد يكون مسيطر على ملفات المجال فينتج تيار I_{f1} هذا التيار يمر من ملفات المجال فينتج مزيد من الجهد E_{a1} ، هذا الجهد يكون مسيطر على ملفات المجال فينتج تيار I_{f2} يؤدي إلى تولد جهد E_{a2} وتكرر العملية حتى نبدا بالجهد نتيجة التتابع.

تسمى هذه العملية عملية بناء الجهد داخل المولد

لاحظ هنا نوع Shunt فقط

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{I_{f1} N_{m1}}{I_{f2} N_{m2}} \quad \#$$

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{\phi_1 N_{m1}}{\phi_2 N_{m2}} \quad \#$$



$$\therefore P_{in} = P_{rot} + P_a$$

$$P_a = E_a \cdot I_a$$

$$P_a = P_{cu_{total}} + P_{out}$$

$$\% \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$VR \% = \frac{V_{n.L} - V_{f.L}}{V_{n.L}} \times 100$$

معامل التنظيم للجهد
Voltage regulation

عندما يكون
الحالة الأولى كحالة
الاحمال ثم وضعت الحمل الكامل من الجهد الخلية

$$or \frac{V_{n.L} - V_{f.L}}{V_{f.L}}$$

عندما يكون الحالة الأولى
حالة الحمل الكامل ثم
تم فصل الحمل فبقي